

W 2552 EH

# SECONDARY CHARGED PARTICLE DETECTING METHOD, ITS SYSTEM, AND ION BEAM MACHINING DEVICE

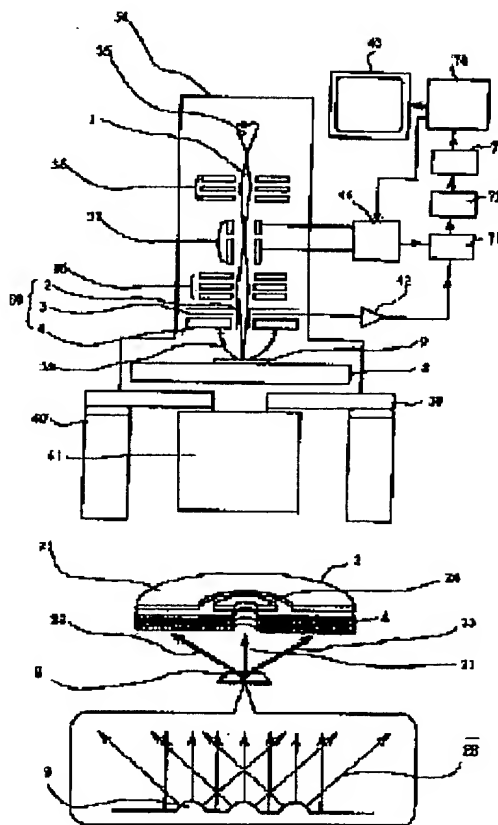
**Patent number:** JP9283072  
**Publication date:** 1997-10-31  
**Inventor:** SHIMASE AKIRA; AZUMA JUNZO; HAMAMURA YUICHI  
**Applicant:** HITACHI LTD  
**Classification:**  
**- international:** H01J37/244; H01J37/252; H01J37/305; H01J37/317;  
H01J37/244; H01J37/252; H01J37/305; H01J37/317;  
(IPC1-7): H01J37/244; H01J37/252; H01J37/305;  
H01J37/317  
**- european:**  
**Application number:** JP19960092145 19960415  
**Priority number(s):** JP19960092145 19960415

Report a data error here

## Abstract of JP9283072

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reveal the slope information on the surface of a target from the information of the secondary charged particles emitted when the focused primary charged particles are radiated to the target and observe or recognize it with high resolution.

**SOLUTION:** The primary charged particles 1 focused by a focusing lens 36 are radiated to a target 9, and the secondary charged particles 38 emitted from the target 9 are amplified by a means having the secondary charged particle amplifying function (e.g. a micro-channel plate) 4. The amplified secondary charged particles are detected by a peripheral electrode 25 centering on the primary charged particle radiation axis as the secondary charged particle signal emphasized with the slope on the target 9.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-283072

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J	37/244		H 0 1 J	37/244
	37/252			37/252
	37/305			37/305
	37/317			37/317
				B
				A
				D

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平8-92145	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成8年(1996)4月15日	(72) 発明者	嶋瀬 朗 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	東 淳三 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	濱村 有一 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 高橋 明夫 (外1名)

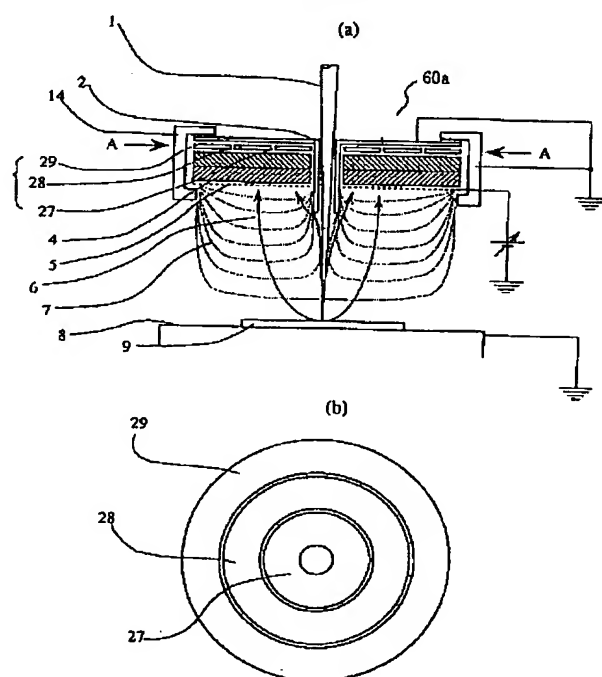
(54) 【発明の名称】 2次荷電粒子検出方法及びそのシステム並びにイオンビーム加工装置

## (57) 【要約】

【課題】本課題は、荷電ビームを走査してターゲット表面から射出する2次粒子を検出する際に、ターゲット表面の各ビーム照射点の斜面角度ごとに2次粒子信号を取得する。また、2次粒子の収率を向上させるとともにMCP面に広く2次粒子を入射させ斜面情報の分解能を向上させる。

【解決手段】MCP4の検出電極3を円周方向に分割し、そこから得られたを処理する。または、MCP4から出た電流を蛍光板30により光に変換して、その光をリニアセンサ31で検出して、そのデータを処理する。収率と入射領域拡大にはMCPアセンブリの追加および電圧印加とそれらの最適化を実施する。

図5



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を、前記1次荷電粒子照射軸を中心にした周辺電極で前記ターゲット上における斜面を強調した2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項2】前記2次荷電粒子増幅機能を有する手段がマイクロチャンネルプレートまたはマイクロスフェアプレートであることを特徴とする請求項1記載の2次荷電粒子検出方法。

【請求項3】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を、前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に複数に分割したリング状の電極の各々で2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項4】前記2次荷電粒子増幅機能を有する手段がマイクロチャンネルプレートまたはマイクロスフェアプレートであることを特徴とする請求項3記載の2次荷電粒子検出方法。

【請求項5】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して半導体センサで受光して2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項6】前記2次荷電粒子増幅機能を有する手段がマイクロチャンネルプレートまたはマイクロスフェアプレートであることを特徴とする請求項5記載の2次荷電粒子検出方法。

【請求項7】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して、配列方向を前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に向けて設置したリニアセンサで受光してターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項8】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して、配列方向を前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に向けて設置したリニアセンサで受光してターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号として検出し、この検出されたターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号からターゲットの傾斜角度を算出して3次元形状を認識することを特徴

とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項9】集束された1次荷電粒子を管状の中央電極を通してターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子に対する前記管状の中心電極からの斥力により前記2次荷電粒子を向けさせて2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を検出器により2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法。

【請求項10】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射する1次荷電粒子照射手段を設け、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と、1次荷電粒子軸に対してリング状に半径方向に複数に分割し、各々が前記2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極とを有する2次荷電粒子検出装置を設けたことを特徴とする2次荷電粒子検出システム。

【請求項11】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射する1次荷電粒子照射手段を設け、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と、1次荷電粒子軸に対してリング状に半径方向に複数に分割し、各々が前記2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極と、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器へ引き込むメッシュ電極とを有する2次荷電粒子検出装置を設けたことを特徴とする2次荷電粒子検出システム。

【請求項12】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射する1次荷電粒子照射手段を設け、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と、該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を光に変換する荷電粒子／光変換器と、該荷電粒子／光変換器で変換された光を受光して信号に変換する半導体光センサと、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極とを有する2次荷電粒子検出装置を設けたことを特徴とする2次荷電粒子検出システム。

【請求項13】前記2次荷電粒子検出装置における半導体光センサをリニアセンサで構成したことを特徴とする請求項12記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項14】前記2次荷電粒子検出装置における半導体光センサを複数のリニアセンサで構成し、該各々のリニアセンサを1次荷電粒子軸を中心にして実質的に放射状に配置したことを特徴とする請求項12記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項15】前記2次荷電粒子検出装置において、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器へ引き込むメッシュ電極を備えたことを特徴とする請求項12または13または14記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項16】集束された1次荷電粒子をターゲットに照射する1次荷電粒子照射手段を設け、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と、該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、アースから電氣的に絶縁することで電圧印加を可能とした管状の中央電極とを有する2次荷電粒子検出装置を設けたことを特徴とする2次荷電粒子検出システム。

【請求項17】前記2次荷電粒子検出装置において、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器へ引き込むメッシュ電極を備えたことを特徴とする請求項16記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項18】前記2次荷電粒子検出装置において、半球状あるいは釣り鐘状あるいは皿状あるいは円筒状の形状とし、1次荷電粒子入射軸に対して実質的に軸対称に配置し、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器へ引き込むメッシュ電極を備えたことを特徴とする請求項16記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項19】前記2次荷電粒子検出装置において、2次荷電粒子増幅器の外縁付近に配置した2次荷電粒子軌道制御電極を備えたことを特徴とする請求項16記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項20】前記2次荷電粒子検出装置における前記管状の中央電極を分割し、各々に印加する電圧を制御して2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする請求項16記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項21】前記2次荷電粒子軌道制御電極を分割し、各々に印加する電圧を制御して2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする請求項19記載の2次荷電粒子検出システム。

【請求項22】集束されたイオンビームを試料上のターゲットマークおよび所望の加工位置に照射するイオンビーム照射手段を設け、

イオンビーム照射軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器とアースから電氣的に絶縁することで電圧印加を可能とした管状の中央電極とを有し、前記試料上のターゲットマークから2次荷電粒子信号を検出する2次荷電粒子検出装置を設け、

該2次荷電粒子検出装置の検出器で検出される前記試料上のターゲットマークからの2次荷電粒子信号に基づいて前記試料を位置決めし、前記イオンビーム照射手段により試料上の所望の加工位置に集束されたイオンビームを照射して加工を施すように構成したことを特徴とする

イオンビーム加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子・イオン等の荷電粒子を微細に集束して、1次荷電粒子として対象物（ターゲット）に照射して、対象物の表面形状を観察するあるいは対象物を加工する装置において、1次荷電粒子の衝突によって対象物（ターゲット）から放出される2次荷電粒子を検出して対象物（ターゲット）の表面情報を得る2次荷電粒子検出方法およびそのシステム並びにイオンビーム加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】1次荷電粒子を微細に集束して対象物を観察する装置としては、走査電子顕微鏡が最も一般的であり、オージェ分析等で分析方面への展開とともに、測長SEM、ストロボSEM、あるいは、EBテスト等の半導体分野への展開も進んでいる。また一方、荷電粒子としてイオンを用いた集束イオンビーム加工装置も、素子の配線加工・接続や断面形成等に應用され、半導体分野における不良解析等で重要な位置を占めるようになってきている。1次荷電粒子を微細に集束して対象物を観察する装置に用いられる従来の2次荷電粒子検出器としては、特開昭61-88442号公報（従来技術1）が知られている。この従来技術1は、図25に示すように、シンチレータ45と光電子増倍管46とを組み合わせて2次電子を検出する系で、検出器の角度を変えることで、(A)の位置では上方に射出した2次電子を多く検出し、(B)の位置ではターゲット9の表面凹凸をより顕在化すべく、より斜方に射出した2次電子を多く検出するものである。

【0003】また1次荷電粒子を微細に集束して対象物を観察する装置に用いられる従来の2次荷電粒子検出器としては、特開昭63-168951号公報（従来技術2）や特開平4-504325号公報（従来技術3）が知られている。従来技術2には、細く絞られた電子線を試料面上において二次元的に走査するための手段と、該走査に伴って得られる反射電子またはX線を検出するための試料面法線に近い側に備えられた第1の検出器と、前記試料面法線に対して遠い側に備えられた第2の検出器と、該第1の検出器の出力信号から第2の検出器の出力信号を減算するための手段を備えた走査電子顕微鏡等の電子線装置に用いられ、試料の磁区構造像や組成像等を観察するための電子線装置における反射電子等の検出装置が記載されている。従来技術3には、細いリングで作成された内側電子検出器、該内側電子検出器の半径方向外側に配置されて複数個の第1同心弓形扇状部分で作成された中間電子検出器、および該中間電子検出器の半径方法外側に配置されて複数個の第2同心弓形扇状部分で作成された外側電子検出器を有する全体的に環状の電極組立体からなり、試料の表面から放出される種々の信

号、例えば、低エネルギー2次電子、高エネルギー後方散乱電子、小角度反射電子、および大角度反射電子を分離することができる電子検出器を備えた環境形走査型電子顕微鏡が記載されている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術1に記載された2次荷電粒子検出器の角度を変化させてターゲット面の角度により違う2次荷電粒子射出分布を捕らえる方式では、以下の課題を有する。即ち、従来技術1に記載された2次荷電粒子検出器は、シンチレータ45の前面に電圧を印加して2次荷電粒子を引き込む方式であるため、2次荷電粒子を引き込む際異なった射出方向の2次荷電粒子が混じり合う状況が生じ、角度情報が曖昧になるという課題を有していた。また、上記従来技術2、3には、通常LSIなどの半導体素子を平面的に観察する場合、上方に射出される2次荷電粒子の方が斜面から射出される2次荷電粒子より多く、斜面情報が平坦部の情報の中に埋もれた状態となったとしても、この斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識しようとする点について十分考慮されていなかった。

【0005】本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決すべく、集束された1次荷電粒子（荷電ビーム）をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識できるようにした2次荷電粒子検出方法及びそのシステムを提供することになる。また本発明の他の目的は、集束された1次荷電粒子（荷電ビーム）をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の3次元形状を顕在化して高分解能で観察または認識できるようにした2次荷電粒子検出方法及びそのシステムを提供することになる。また本発明の他の目的は、集束されたイオンビームをターゲットに照射して射出される2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識して加工位置を高精度に位置決めしてイオンビーム加工を施すようにしたイオンビーム加工装置を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を、前記1次荷電粒子照射軸を中心にした周辺電極で前記ターゲット上における斜面を強調した2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。また本発明は、集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を、前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に複数に分割

したリング状の電極の各々で2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。また本発明は、集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して半導体センサで受光して2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。

【0007】また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記半導体センサを2つ以上配置することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記半導体センサがリニアセンサであることを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記リニアセンサを放射状に複数配置したことを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記リニアセンサからのデータから1次荷電粒子照射点ごとのターゲットの傾斜角度を算出して3次元形状を認識することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記リング状検出板の各々からの2次荷電粒子信号によりターゲットの平面および斜面の各々の鮮明な画像を検出することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、集束した1次荷電粒子を通過させる管状の中央電極（センターパイプ）を備えた1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅手段（MCP（マイクロチャネルプレート）、MSP等）において前記管状の中央電極（センターパイプ）に電圧を印加して、管状の中央電極から2次荷電粒子に対する斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅手段（MCP、MSP等）への2次荷電粒子の収集率を向上させることを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、2次荷電粒子引き込み用メッシュ電極の形状を半球状あるいは釣り鐘状とし、1次荷電粒子照射点から発生する2次荷電粒子を該1次荷電粒子軸（1次荷電粒子の入射軸）から遠ざける方向に該メッシュ電極に電圧を印加して2次荷電粒子増幅手段（MCP、MSP等）への2次荷電粒子の収集率を向上させることを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、2次荷電粒子増幅手段（MCP、MSP等）の外縁付近に円筒状あるいはテーパ付き円筒状電極を設け、該円筒状電極に電圧を印加して、該MCP等の2次荷電粒子検出領域全体に該2次荷電粒子を拡散せしめる等該2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、管状の中央電極（センターパイプ）を分割して、それぞれに任意の電圧を印加することで、2次荷電粒子検出系の軸対象からのずれを補正することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、円筒状電極を分割して、それぞれに任意の電圧を印加することで、2次荷電粒子検出系の軸対象からのずれを補正することを

特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、MCP等を取り付けるケーシングに電圧を印加し、2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出方法において、前記2次荷電粒子増幅機能を有する手段がマイクロチャネルプレートまたはマイクロスフェアプレートであることを特徴とする。

【0008】また本発明は、集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して、配列方向を前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に向けて設置したリニアセンサで受光してターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。また本発明は、集束された1次荷電粒子をターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を光に変換して、配列方向を前記1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に向けて設置したリニアセンサで受光してターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号として検出し、この検出されたターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号からターゲットの傾斜角度を算出して3次元形状を認識することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。

【0009】また本発明は、集束された1次荷電粒子を管状の中央電極を通してターゲットに照射し、このターゲットから発生する2次荷電粒子に対する前記管状の中心電極からの斥力により前記2次荷電粒子を向けさせて2次荷電粒子増幅機能を有する手段で増幅し、この増幅された2次荷電粒子を検出器により2次荷電粒子信号として検出することを特徴とする2次荷電粒子検出方法である。また本発明は、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)と、1次荷電粒子軸に対してリング状に半径方向に複数に分割し、各々が前記2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極(センターパイプ)と、ケーシングとを有することを特徴とする2次荷電粒子検出装置である。

【0010】また本発明は、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)と、1次荷電粒子軸に対してリング状に半径方向に複数に分割し、各々が前記2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への2次荷電粒子の収集率を向上させ

る管状の中央電極(センターパイプ)と、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)へ引き込むメッシュ電極と、ケーシングとを有する2次荷電粒子検出装置を設けた2次荷電粒子検出システムである。また本発明は、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)と、該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を光に変換する荷電粒子/光変換器(蛍光板)と、該荷電粒子/光変換器で変換された光を受光して信号に変換する半導体光センサと、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極とを有する2次荷電粒子検出装置を設けた2次荷電粒子検出システムである。

【0011】また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記半導体光センサがリニアセンサであることを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記半導体光センサが複数のリニアセンサであり、該リニアセンサの各々を1次荷電粒子軸(1次荷電粒子の入射軸)を中心にして実質的に放射状に配置したことを特徴とする。また本発明は、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)と、該MCP等の後に設置された蛍光板と、その後に設置された半導体光センサと、ターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極(センターパイプ)と、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)へ引き込むメッシュ電極と、ケーシングとを有する2次荷電粒子検出装置を設けた2次荷電粒子検出システムである。

【0012】また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記半導体光センサがリニアセンサであることを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記半導体光センサが複数のリニアセンサであり、該リニアセンサの各々を1次荷電粒子軸(1次荷電粒子の入射軸)を中心にして実質的に放射状に配置したことを特徴とする。また本発明は、1次荷電粒子軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)と、該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器と、アースから電氣的に絶縁することで電圧印加を可能とし、該印加電圧によってターゲットから発生する2次荷電粒子に対して斥力を生じせしめて2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への2次荷電粒子の収集率を向上させる管状の中央電極(センターパイプ)と、ケーシングとを有する2次荷電粒子検出装置を設けた2次荷電粒子検出システムである。

【0013】また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次



荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)へ引き込むメッシュ電極を備えたことを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、半球状あるいは釣り鐘状あるいは皿状あるいは円筒状の形状とし、1次荷電粒子入射軸に対して実質的に軸対称に配置し、ターゲットから発生する2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)へ引き込むメッシュ電極を備えたことを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)の外縁付近に配置した円筒状あるいはテーパ付き円筒状の2次荷電粒子軌道制御電極を備えたことを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記管状の中央電極(センターパイプ)を分割し、各々に印加する電圧を制御して2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする。また本発明は、前記2次荷電粒子検出装置において、前記2次荷電粒子軌道制御電極を分割し、各々に印加する電圧を制御して2次荷電粒子の軌道を制御することを特徴とする。

【0014】また本発明は、集束されたイオンビームを試料上のターゲットマークおよび所望の加工位置に照射するイオンビーム照射手段を設け、イオンビーム照射軸に対して実質的に対称に形成された2次荷電粒子増幅器と該2次荷電粒子増幅器で増幅された2次荷電粒子を検出して2次荷電粒子信号に変換する検出器とアースから電気的に絶縁することで電圧印加を可能とした管状の中央電極とを有し、前記試料上のターゲットマークから2次荷電粒子信号を検出する2次荷電粒子検出装置を設け、該2次荷電粒子検出装置の検出器で検出される前記試料上のターゲットマークからの2次荷電粒子信号に基づいて前記試料を位置決めし、前記イオンビーム照射手段により試料上の所望の加工位置に集束されたイオンビームを照射して加工を施すように構成したことを特徴とするイオンビーム加工装置である。

【0015】以上説明したように、本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率を向上させて検出器で斜面情報を顕在化した信号に変換してその2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識することができる。また本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率を向上させて検出器で斜面情報を顕在化した信号に変換してその2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の3次元形状を顕在化して高分解能で観察または認識することができる。

【0016】また本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率

を向上させて、配列方向を1次荷電粒子照射軸を中心に半径方向に向けて設置したリニアセンサによりターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号を検出するようにしたので、CPUによりこの検出されたターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号からターゲットの傾斜角度を算出して3次元形状を認識することが可能となった。また本発明によれば、集束されたイオンビームをターゲットに照射して射出される2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識して加工位置を高精度に位置決めしてイオンビーム加工を施すことができる。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】本発明に係る実施の形態を図面を用いて説明する。本発明に係る2次粒子検出方法およびその装置が適用される集束イオンビーム加工装置について図1を用いて説明する。集束イオンビーム加工装置は、ULSI、VLSI等のLSI素子の開発段階等においてLSI素子の配線加工・接続や断面形成等を行ってデバックや不良解析等を行うために用いられる。

【0018】集束イオンビーム装置は、図1に示すように構成されている。イオン源35から引き出したイオンビーム(1次荷電粒子)1を集束レンズ(静電レンズ)36で集束して、ステージ8の上に載置した半導体素子等のターゲット9に照射する。この時、デフレクタコントローラ44からの信号に従い、デフレクタ37に偏向電圧を印加してイオンビーム1を偏向するが、この偏向信号と同期させてターゲット9から発生する2次荷電粒子38の強度変化を検出して、ターゲット表面の情報(主に凹凸情報)を得ることができる。集束イオンビーム装置の場合、2次荷電粒子38の検出にはMCP(マイクロチャンネルプレート)と呼ばれる2次荷電粒子検出器60が使われることが多い。この理由は、2次荷電粒子として2次電子と2次イオンの両方をこの検出器60で検出可能であること、ターゲット表面を上方から照明した状態に表面観察ができること、比較的単純な機器構成であること等が挙げられる。この2次荷電粒子増幅器(MCP)4は、イオンビーム軸に対して軸対称に配置されるため、ターゲット表面をモニタ43の画面上で上下左右均等に照明されたかのように表示されるため、イオンビーム1による加工の位置決め等に使用することができる。即ち、MCPと呼ばれる2次荷電粒子検出器60は、通常管状の中央電極(センターパイプ)2を備え、イオンビーム1を通すタイプであり、2次荷電粒子増幅器(MCP)4で2次荷電粒子信号を増幅して、検出器である検出板(検出電極)3で2次荷電粒子信号として電流を検出し、ヘッドアンプ42にさらに増幅して、信号処理回路71に信号入力する。信号処理回路71にはデフレクタコントローラ44からイオンビーム1の偏向信号(走査信号)も入力しており、これらからイオンビーム走査の各点に対応した2次荷電粒子信号デー

タを形成する。この信号を画像メモリ72に送り、そこで一度格納し、さらに画像処理回路73で画像に適正な処理を施してメインコントローラ74に送る。メインコントローラ74では2次荷電粒子信号の処理以外にも装置各部(例えば集束レンズ(静電レンズ)36、ブランキング電極、デフレクタコントローラ44等)の制御処理を行う。そこで、装置の目的に従ったソフト処理の結果として、上記で得られた2次荷電粒子信号データがモニター43上でターゲット表面の2次元画像として表示でき、イオンビームによる加工の位置決め等に使用する。即ち、モニター43上にターゲットの傾面を強調して高解像度でもって表示された2次元画像に基づいて試料に対する加工の位置決めを行う。そして位置決めされた所望の加工位置に上記イオンビーム1を照射して加工を行う。また半導体素子等の所望の箇所にイオンビーム1を走査照射して大きな穴加工を施し、その後この穴加工の断面を、上記で得られた2次荷電粒子信号データに基づく2次元画像をモニター43に表示することによって、高解像度で観察することができる。

【0019】上記実施の形態では、画像メモリ72と画像処理回路73として、メインコントローラ74とは別のハードウェアを使用した場合について説明したが、処理速度が装置の目的に合致している場合には、それらの処理をメインコントローラ74内のソフト処理として実行してもよい。また、画像メモリ72や画像処理73は必ずしも必要のない場合もあり、その時には装置価格低減のため、それらを設置しないこともある。なお、上記の集束イオンビーム装置主要部は真空チャンバ51内に収納され、真空ポンプ41で高真空に排気されている。また、微細な加工を行うため、真空チャンバ48を保持する定盤39はエアサーボマウント40上に載置される。

【0020】ところで、1次粒子1の衝突(イオンビーム1の照射)によってターゲット9から2次荷電粒子19が放出されるが、図2に示すように、ターゲット9の面に対して垂直方向に近い方向に最も多く放出される。角度が大きくなると1次粒子1の入射角 $\theta$ に対し、2次荷電粒子19の射出角 $\phi$ は一定の関係で変化するが、 $\theta$ が $90^\circ$ に近くなっても、 $\phi$ が $10^\circ$ を越えることはまれで、ほとんどの場合、2次荷電粒子射出方向はターゲット面の法線方向と考えてよい。

【0021】そして、LSIなどの半導体素子からなるターゲット9の表面には、マークで示されるように微小凹凸が存在し、斜面からの2次荷電粒子は、図3に示すようにターゲット9の表面の平面・斜面でそれぞれの方向26を中心として分布して射出される。これは1次粒子を照射している領域全体から射出される2次荷電粒子を総体として考えると、上方射出2次荷電粒子21と左方射出2次荷電粒子22と右方射出2次荷電粒子23とに分けられる。これらをそれぞれ検出できれば、それぞ

れの斜面あるいは平面からの情報を分離して検出することが可能となる。例えば、今斜面の方向を左右で区別せず、斜面であるかどうかだけを問題とするとしたら、図3に示すように2次荷電粒子増幅器(MCP)4を有する検出器である検出板(検出電極)3を、中央検出電極24と周辺検出電極25に分ければよい。それぞれの電極24、25からの情報は、図4(a)に示す中央電極検出信号61と図4(b)に示す周辺電極検出信号62となる。ここで、デフレクタコントローラ44において、イオンビーム1を偏向(走査)させるデフレクタ37に印加する偏向電圧に応じて周辺電極検出信号62のみを抽出することによって斜面を強調したターゲット9の表面像を得ることができる。次に、2次荷電粒子増幅器(MCP)(マイクロチャネルプレート: Micro channel Plate)4を用いて2次荷電粒子(2次電子または2次イオン)を検出する場合について詳細に説明する。図5以下では2次荷電粒子として2次電子を検出する場合について説明する。ただし、2次イオンを検出する場合は、最適な電圧値を選択する必要があるが、2次荷電粒子増幅器(MCP)4から検出板3までの増倍電子に関する電位関係以外は、基本的には2次電子の場合と逆電圧を印加すればよい。

【0022】2次荷電粒子増幅器(MCP)と呼ばれる2次荷電粒子検出器60aは、図5(a)に示す通り、アース電位のケーシング14に2次荷電粒子引き込み用のメッシュ電極5、2次荷電粒子増幅器(MCP)本体4、検出器である検出電極3、アース電位のセンターパイプ2を納めた構造となっている。ステージ8上のターゲット9とケーシング14と管状の中央電極(センターパイプ)2とはアース電位であり、メッシュ電極5に引き込み電圧V1が印加されている。このときの等電位面7に従い、2次荷電粒子軌道5は図5(a)に示す軌道をとる。これでそれぞれの面からの2次荷電粒子がメッシュ電極5を通過し、2次荷電粒子増幅器(MCP)4に入射し、その中で増幅されて、検出電極3に入射する。ここで、検出電極3を図5(b)に示すように半径方向に分割した形状とする。今回は図5(b)に27、28、29で示すように3分割で、かつ、斜面の方向(例えば、X、Y軸方向およびXY平面内でX、Y軸に対してある角度傾斜した方向)では情報として必要としなかったため、半径方向のみの分割とした。これは、さらに分割して細かな情報を取得することも可能である。ただし、イオンビーム1を微細に集束してターゲット9に照射する場合、ビーム電流が元々少ないので、各分割電極27~29で取得できる情報が小さく、ノイズレベルと同程度になることがあるため、電極の分割はこれも考慮しておく必要がある。なお、3分割電極27~29のそれぞれで違う角度の斜面からの情報を得るが、本形態では、まず周辺電極29からの信号を使い、LSI表面の比較的緩やかな盛り上がりの形状を観察できた。ま



た、ターゲット9として、使用したマークの形状によるが、中間電極28による観察の方が、中央電極27や周辺電極29に比べ、マークエッジの検出ばらつきが小さかった。

【0023】上記実施形態では3分割の検出電極27、28、29を採用したが、斜面データをより細かに取得する2次荷電粒子検出器60bの形態として、図6(a)(b)に示す形態がある。この2次荷電粒子検出器60bは、2次荷電粒子増幅器(MCP)4で増幅された信号電流をそのまま検出電極に入射させず、一度2次荷電粒子/光変換器である蛍光板31に入射させ、そこで光に変換し、それをリニアセンサ31で電気信号として取り出すものである。この方式では細かな斜面情報を取得でき、イオンビーム1の各走査点ごとに斜面角度を計算し、それを処理することで、ターゲット9表面の3次元形状を認識することも可能となる。この場合には、レチクル表面に比較的なだらかに残留した余剰欠陥について本実施の形態でその厚さおよび形状を認識し、それに従ってイオンビーム1の走査を制御することで、高品質な欠陥修正を行える。なお、ここで図6(b)に示すように半導体センサであるリニアセンサ31を保持板34に4本放射状に取り付けたが、本来これでは2次荷電粒子増幅器(MCP)4で取得した情報の一部しか利用しておらず、効率が悪い。しかし、蛍光板30とリニアセンサ31との間にシリンドリカルレンズを挿入することで、効率をあげることも可能である。この実施の形態では、蛍光板30とリニアセンサ31とで検出器を構成する。さらに、図7(a)(b)には2次荷電粒子検出器60cを示す。2次荷電粒子検出器60cは、リニアセンサ31間に対応するメッシュ電極5の下の方に、メッシュ電極5よりも低い電圧を印加する補助電極52を設ける。その場合、図7(c)のように2次荷電粒子はリニアセンサ31下のメッシュ電極5の方向へ偏向され、その領域への2次荷電粒子入射を増加させる。これにより、リニアセンサ31で検出できる2次荷電粒子の収率を向上させることができる。

【0024】実際の3次元形状の認識の方法は、例えば以下の方法をとる。事前に予め斜面角度を測定した試料を用いて、特定角度の時にリニアセンサ31のどの部分で最も多くの2次荷電粒子を検出するかを測定する。このデータを斜面角度 $\theta$ について採集し、その間を補間して、斜面角度 $\theta$ とリニアセンサ31の中の高検出位置の変化 $\Delta x_p$ との関係( $\Delta x_p = f(\theta)$ )を求めておく。例えば、図6(b)において、p点がイオンビーム軸に対する垂直な面(傾度 $\theta = 90^\circ$ )で最大の2次荷電粒子検出点である。またq点は傾度 $\theta = 45^\circ$ の点、s点は傾度 $\theta = 0^\circ$ の点である。ターゲット9のパターンが平坦な丘部、斜面、谷部を持つパターンである場合、イオンビーム1を丘部から斜面を経て谷部へターゲット9上で左から右に走査したとすると、最初の走査点

での2次荷電粒子信号のピークはp点であるが、走査点が斜面にかかった段階でq点の方向にピーク位置がずれ始め、走査点の移動に伴いピーク位置がq点を過ぎ、一定の走査点の間は斜面の角度に対応するq点とs点との間のr点でピーク位置が停止し、その後走査点が斜面から谷部に向かって移動するに従い、またr点から戻り、q点を過ぎて、谷部に走査点が入った段階でp点にピーク位置が停止するようになる。この各走査点x dでのピーク位置の変化 $\Delta x_p$ を上記で求めておいた斜面角度 $\theta$ に換算し、走査位置x dと斜面角度 $\theta$ との関係を求める。これを走査領域各点で行うことにより、ターゲット9上の走査領域での3次元形状を計算して認識することができる。

【0025】上記方式を採用することで、LSI上の位置合わせマークの例えば斜面を強調して、マークの中心を求めやすくする等の適用が可能であるが、更に本実施の形態が有用な位相シフトレチクルの欠陥形状認識について説明する。位相シフトレチクル(以下PSレチクルと呼ぶ)は、通常の基板と遮光パターン以外に位相を反転させるためのシフトと呼ばれる透明パターンが設けられたレチクルである。遮光パターンに欠陥が発生すると同様に、シフトにも欠陥が発生し、その欠陥が全てのウエハに転写される。このため、欠陥を除去する修正が不可欠である。しかし、シフトは遮光パターンに比べて厚く、その欠陥の形状も3次的に不定形であることが多くなっている。従って、それを精度よく除去するには、欠陥形状を認識した上で、それに従ったイオンビーム照射を行う必要がある。このための欠陥形状認識に本方式が適用できる。

【0026】図24にこの方式を示す。PSレチクルの基板75の上に欠陥76が存在したとする。そこを欠陥形状認識のためにイオンビーム1を欠陥76を含む領域を走査する。図24ではその中の一つの走査線を取り上げている。左からイオンビーム1を走査した時、それぞれの点、A、B、C、D、Eで2次荷電粒子の射出方向分布19は異なる。これを蛍光板30(図24には図示せず)に入射させてリニアセンサ31で光の強度を読み取った場合、リニアセンサ31の出力分布77は、A、C、Eのようにイオンビーム1の軸に垂直なターゲット面ではリニアセンサ31の中央部付近にピークを持つ。一方、BやDのように面が傾いている場合にはピーク位置はずれることになる。(なお、ここで一つの走査線についてだけ説明しているため、紙面に垂直な方向での傾きは考えていない。このため、リニアセンサ31の平面図では、縦方向のリニアセンサ31は一部だけを描いただけとしている。実際には、斜面の傾きはXY両方向で変化するため、XY両方のリニアセンサ31からのピーク情報を処理することになる。)それぞれのピーク位置には、それに対応した斜面角度が予め求められている。その各点に対応する斜面角度から、斜面傾斜が計算でき

る。その計算結果を積分した結果が欠陥の高さを示すことになり、これで一つの走査線に対応する欠陥形状を求められる。この処理を実行するにあたり、図1に示すメインコントローラ74内でソフト的に処理することも可能であるが、実用的な処理速度を得るためには、画像メモリ72ではイオンビーム走査各点でのリニアセンサ上のピーク位置を記憶するための機能拡充と、画像処理回路73ではピーク情報から各点での斜面角度への変換、それをXY両方向での斜面傾斜データへの変換、さらにそれを積分して高さデータに変換する処理実行への機能拡充も必要である。

【0027】集束イオンビーム装置の像分解能を向上させるには、収差が小さなレンズを設計することが必要であるが、同時にワーキングディスタンスを小さくし、レンズ倍率を小さくすることも必要である。このため、ワーキングディスタンスは縮小傾向にある。これまでであれば、図8(a)に示す2次荷電粒子検出器60aであっても、ターゲット9から射出した2次荷電粒子の大部分が2次荷電粒子増幅器(MCP)4に到達することができた。しかし、ワーキングディスタンスが小さくなると、図8(b)に示す2次荷電粒子検出器60aのようにセンターパイプ2をターゲット9との間の空間はほとんどアース空間となる。この時、イオンビーム1の照射点から上方を見上げたとしたら、上方にはほぼ全面センターパイプ2が覆い被さっている状況となる。したがって、上方に射出した2次荷電粒子はアース空間を直進し、センターパイプ2に吸収されることとなる。一方、センターパイプ2を短くして、メッシュ電極5の中に入れてアース電位がかからない状態としても、逆に2次荷電粒子の引き込み電圧がかかり、やはり上方に射出した2次荷電粒子はそのまま上方に直進し、2次荷電粒子増幅器(MCP)4には入射できない。

【0028】そこで、ワーキングディスタンスの短い場合でも2次荷電粒子検出の収率を確保するために、図9に示す2次荷電粒子検出器60dのようにセンターパイプ2にメッシュ電極5への印加電圧V1と逆符号の電圧V2を印加する。この場合、電位分布は図10に示す通り、センターパイプ2の周辺が高くなり、ターゲット面から上方に射出した2次荷電粒子軌道6は、一度イオンビーム1の軸から離れる方向に進み、その先でメッシュ電極5の方向に進む。これによって、射出エネルギーが高すぎて軌道を曲げきれない2次荷電粒子以外は全て2次荷電粒子増幅器(MCP)4に到達し、2次荷電粒子収率が向上できる。なお、11はy方向から見たセンターパイプ2の投影を示す。12はy方向から見たターゲット9の投影を示す。13はy方向から見たメッシュ電極5の投影を示す。

【0029】ここで、メッシュ電極5に印加する電圧V1とセンターパイプ2に印加する電圧V2とは下記のように調整することとした。調整用サンプルとしては多数

の段差のある例えば磁気テープあるいはラテックスを固着させた膜に金をコーティングしたものを使う。LSIでも使用可であるが、所定角度を持った斜面が多いため、電圧調整が特殊な調整となることが多い。ただし、これは、LSI表面の像を主に取り込むような場合には、LSIをサンプルとして使用してもよい。各角度の斜面がまんべんなく含まれるようにイオンビーム1をサンプル面の100 $\mu\text{m}$ □ほどの領域で走査しつつ、射出される2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP)4で検出する。V1については、検出する2次荷電粒子の種類(電子であるかイオンであるか)、2次荷電粒子増幅器(MCP)4の耐圧、確保すべき2次荷電粒子増幅器(MCP)ゲインの調整幅、さらにメッシュ電極5から2次荷電粒子増幅器(MCP)4の入射面加速するために印加する電圧(図示せず)で、ある程度決まり、通常その範囲内で最大の値に固定する。V2については、アース電位から検出する2次荷電粒子電荷の極性と同一極性で電圧を増加させていく。最初はセンターパイプ1に衝突していた2次荷電粒子が、V2印加による電界によって反発を受け、2次荷電粒子増幅器(MCP)4へ押し出されるようになり、画面の明るさが増加する。さらにV2を増加させると、今度はV2による電界が2次荷電粒子の射出方向を横方向に偏向させ、サンプル表面の凹凸の側面に2次荷電粒子が衝突するようになる。さらにV2を増加させると、サンプル表面の電界が2次荷電粒子を押し戻す方向に働き、射出された2次荷電粒子がすぐにサンプル表面に戻される状況となる。従って、V2の変化によって、画面の明るさが最大値を取った後に低下していく現象が見られる。そこで、V2としては画面の明るさが最大になった点に設定する。

【0030】2次荷電粒子検出器60eにおいて、通常2次荷電粒子増幅器(MCP)4を収納するケーシング14は図11に示すようにアース電位である。この時、等電位面7は図11に示す形状となる。従って、斜めに射出した2次荷電粒子も2次荷電粒子増幅器(MCP)4へ到達する途中でイオンビーム1の軸方向へ押し戻される力を受ける。このため、2次荷電粒子増幅器(MCP)4に到達した2次荷電粒子の分布16は図12に示すように、2次荷電粒子増幅器(MCP)の検出領域15の全面ではなく、その一部分になる。これでは、図5または図6のように電極を分割あるいはリニアセンサで検出しても、その斜面情報分解能は期待できない。そこで、2次荷電粒子検出器60fとして、図13に示すように半球状のメッシュ電極5を採用した。このメッシュ電極5によって、2次荷電粒子はまずイオンビーム1軸から離れる方向への力を受け、その後、2次荷電粒子増幅器(MCP)4の前面に印加する電圧V3によって2次荷電粒子増幅器(MCP)4に入射する。この場合の2次荷電粒子増幅器(MCP)4に到達した2次荷電粒子の分布16は図14に示すように、図12の平坦なメ

ッシュ電極5の場合に比べ、広がっており、斜面情報の分解能が向上できる。さらに、ここまではケーシング14はアース電位であったが、図15に示す如く2次荷電粒子検出器60gとしてケーシング14に2次荷電粒子を引き上げる電圧V4を印加することで2次荷電粒子増幅器(MCP)4に到達した2次荷電粒子の分布16は図16のようにさらに改善され、斜面情報の分解能もさらに向上可能である。ここで、メッシュ電極5を半球状としたが、電圧を適当に設定すれば、釣り鐘状、皿状、あるいは、円筒状でも同等の効果が得られる。

【0031】ここで各電圧の調整は、例えば次に行う。即ち、調整サンプルとしては、前記と同様、磁気テープあるいはラテックスを固着させた膜に金をコーティングしたものを使用する。MPC4の前段に印加する電圧V3は2次荷電粒子増幅器(MCP)4の耐圧等で決定される。また、メッシュ電極5から2次荷電粒子増幅器(MCP)4の全面へ2次荷電粒子を加速するために、メッシュ電極5に印加する電圧V1としてはV3よりも数10から数100V低い電圧を選択するが、この電圧とV3との間でケーシング14への印加電圧V4を調整するので、一定の調整幅をとるため、今回はV1をV3より350V低く設定した。この状態で、センターパイプ1への印加電圧V2をアース電位から増加させていくと、前述したように極大値を持つ点があり、ここをV2の値として設定する。その上で、ケーシング14への印加電圧V4を増加していく。印加の方向はV1と同電位からV3と同電位の方向へ変化させた。その時、最外縁の検出電極3で検出される2次荷電粒子信号に従って変化する画面の明るさを観察し、それが最も明るくなった時点でV4を固定する。ただし、今回はV1とV3の電位差を350Vに固定して調整したが、これは観察するターゲット9によっては違う電位差が最適な場合もあり、ターゲットごとにその電位差を変化させつつ、最適なセンターパイプ1への印加電圧V2を求め、その時の最適なケーシング14への印加電圧V4を求めていく手順を踏むべきである。

【0032】上記の実施の形態ではケーシング14に電圧を印加する方式であったが、図17に示す如く2次荷電粒子検出器60hとして円筒状のカバー電極17(これはメッシュで形成されていても同じである。)を設け、そこに2次荷電粒子を引きつける電圧V5を印加することで、上記の実施の形態と同等の効果が得られる。この場合には、ケーシング14には電圧を印加する必要はなく、2次荷電粒子検出器60h全体の取り付けが容易となる。なお、この実施の形態であれば、図18に示す如く2次荷電粒子検出器60iとして必ずしもメッシュ電極5は必要ではなく、2次荷電粒子増幅器(MCP)4の前面に適当な電圧を印加すれば、図17に示す2次荷電粒子検出器60hと同等の効果が得られる。

【0033】また、上記の実施の形態では、円筒状カバ

ー電極17であったが、これでは条件によっては2次荷電粒子が円筒状カバー電極自体に入射してしまう危険性がある。そこで、より安全な形態として、円筒状カバー電極17にテーパ形状を付加した図19の形状を採用した。この2次荷電粒子検出器60jにより、円筒状カバー電極17に印加する電圧V5と2次荷電粒子増幅器(MCP)4前面に印加する電圧V3との条件を最適化することで、円筒状カバー電極17への2次荷電粒子の入射を回避できる。特に図20に示すように2次荷電粒子増幅器(MCP)4の外縁近くに2次荷電粒子を押し戻す電位分布を実現する電圧印加条件が望ましい。この実際の電圧調整方法は、上記のケーシング14への印加電圧V4を調整した時の方法において、V4をカバー電極17への印加電圧V5に置き換えれば、同等の手順となる。

【0034】加工精度や組立精度を合わせた2次荷電粒子検出器60自体の総合精度は、最終的には一定レベルの中には入るが、許容範囲内のずれは必ず生じる。これは2次荷電粒子信号を検出して構成した画像において、特定方向の明るさとして認識できる。しかし、これを補正しなければ、正確な斜面情報を取得することは困難である。そこで、その補正の一形態として、図21に示す如く、センターパイプ2を分割して偏向電圧を印加する方式がある。図21(a)は、センターパイプ2を分割して偏向電圧を印加する2次荷電粒子検出器60kの実施形態を示す正面図、図21(b)は偏向電圧が印加される分割されたセンターパイプ2を示す図である。このようにセンターパイプ2を分割して偏向電圧を印加する方式により、2次荷電粒子の軌道6が補正され、上下左右均一な情報を得られる。実際には、形状の明確なサンプルを観察し、その周辺の明るさが均一になるように電圧を調整すればよい。なお、通常、センターパイプ2は内径が数mmである。図1に示すように、イオンビーム1を偏向するデフレクタ37はセンターパイプ2より上に設置されている関係で、イオンビーム1の走査はセンターパイプ2の内径で規定されている。従って、上記のようにセンターパイプ2を分割して電圧を印加できれば、図21(a)(b)のように2次荷電粒子を押し戻す電圧に補正電圧を加えた電圧に、さらに偏向電圧を重ねし、センターパイプ2を使って、さらにイオンビーム1を偏向させることができる。これによって、偏向領域の拡大も可能である。ここでは、センターパイプ2を分割して調整電圧を印加したが、円筒状電極17を分割して調整電圧を重ね印加することでも、同等の効果が得られる。

【0035】なお、ここでは円盤形の2次荷電粒子増幅器(MCP)4を中心に実施の形態を説明してきたが、必ずしも、2次荷電粒子増幅器(MCP)4に限定されるものではなく、MSP(Micro Sphere Plate)等の類似の円盤形あるいは方形の2次荷電粒子増幅機能を有す

る検出器であれば同等の構成が可能と成る。さらに、2次荷電粒子増幅器(MCP)4等以外にシンチレータを同等の形状とし、検出電極4を光電子増倍管、あるいは光電子増倍管へ光を導くライトガイド(例えば、光ファイバ)で構成してもよい。これらの実施の形態(2次荷電粒子検出器601)は図22に示すように、蛍光板30またはシンチレータ58で2次荷電粒子信号を光に変換し、これを光ファイバ53に入射させる。光ファイバ53はシンチレータ58上に多数本設けて、これらをまとめてファイバ束54とする。これを光電子増倍管に導くが、途中で中心部、中間部、周辺部の3つにファイバ束54を分けて、それぞれを中心部検出光電子増倍管57、中間部検出光電子増倍管56、周辺部検出光電子増倍管55へ入射させ、そこで電気信号に変換すると共に増幅する。この実施の形態ではファイバで光を導いたが、光学レンズとミラーの組合せでも同等の機能を実現することができる。また、ここでは2次荷電粒子増幅器(MCP)4を円盤形の一体のアセンブリとしたが、例えば、方形の2次荷電粒子増幅器(MCP)を検出面をターゲット9の方向をむけた形でセンターパイプ1の周りに複数枚配置しても、同様の効果を得ることは可能である。これらの実施の形態(2次荷電粒子検出器60m)は図23に示す構成の2次荷電粒子検出器60mである。

【0036】なお、本発明に係る2次荷電粒子検出方法およびその装置の実施の形態として、図1に示すように集束イオンビーム装置に適用した場合について説明してきたが、荷電ビームの内電子ビームを使用する例えば、走査電子顕微鏡を応用した機器などにおいても、2次荷電粒子増幅器(MCP)4を使用している限り、同等の適用が可能である。即ち、本発明に係る2次荷電粒子検出方法およびその装置は、走査電子顕微鏡はもとより、走査電子顕微鏡を応用した機器に適用することは可能である。

#### 【0037】

【発明の効果】本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子を2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率を向上させて検出器で斜面情報を顕在化した信号に変換してその2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識することができる効果を奏する。また本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率を向上させて検出器で斜面情報を顕在化した信号に変換してその2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の3次元形状を顕在化して高分解能で観察または認識することができる効果を奏する。

【0038】また本発明によれば、集束された1次荷電粒子(荷電ビーム)をターゲットに照射して射出される

2次荷電粒子増幅器(MCP、MSP等)への収集率を向上させて、配列方向を1次荷電粒子照射軸を中心にして半径方向に向けて設置したリニアセンサによりターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号を検出するようにしたので、CPUによりこの検出されたターゲットの傾斜角度に応じた2次荷電粒子信号からターゲットの傾斜角度を算出して3次元形状を認識することが可能となった。また本発明によれば、集束されたイオンビームをターゲットに照射して射出される2次荷電粒子の情報から、ターゲット表面の斜面情報を顕在化して高分解能で観察または認識して加工位置を高精度に位置決めしてイオンビーム加工を施すことができる効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る2次荷電粒子検出方法及びそのシステムを適用した集束イオンビーム装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図2】本発明に係るターゲットから発生する2次荷電粒子の射出状況を示す模式図である。

【図3】本発明に係るターゲットから発生する2次荷電粒子がMCPおよび検出板に入射する状況を示す模式図である。

【図4】本発明に係るターゲットの位置に対する検出板の各電極で検出される2次荷電粒子信号の強度を示す図である。

【図5】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第1の実施の形態を示す断面図とそのA-A部分の平面図である。

【図6】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第2の実施の形態を示す断面図とそのA-A部分の平面図である。

【図7】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第3の実施の形態を示す断面図とそのA-A部分の平面図である。

【図8】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第1の実施の形態における管状の中央電極による2次荷電粒子に対して作用する斥力の関係を説明するための図である。

【図9】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第4の実施の形態を示す断面図である。

【図10】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第4の実施の形態における下部の電位分布を示す斜視図である。

【図11】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第5の実施の形態を示す断面図である。

【図12】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第5の実施の形態におけるMCP検出面を示す平面図である。

【図13】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第6の実施の形態を示す断面図である。

【図14】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第6の実施の形態におけるMCP検出面を示す平面図である。

【図15】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第7の実施の形態を示す断面図である。

【図16】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第7の実施の形態におけるMCP検出面を示す平面図である。

【図17】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第8の実

施の形態を示す断面図である。

【図18】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第9の実施の形態を示す断面図である。

【図19】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第10の実施の形態を示す断面図である。

【図20】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第11の実施の形態を示す断面図である。

【図21】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第12の実施の形態を示す断面図と分割電極を示す平面図である。

【図22】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第13の実施の形態を示す断面図である。

【図23】本発明に係る2次荷電粒子検出器の第14の実施の形態を示す断面図とそのA-A断面図とB-B矢視図である。

【図24】本発明に係る位相シフトレチクル欠陥形状断面とリニアセンサの平面図およびデータ処理を示す図である。

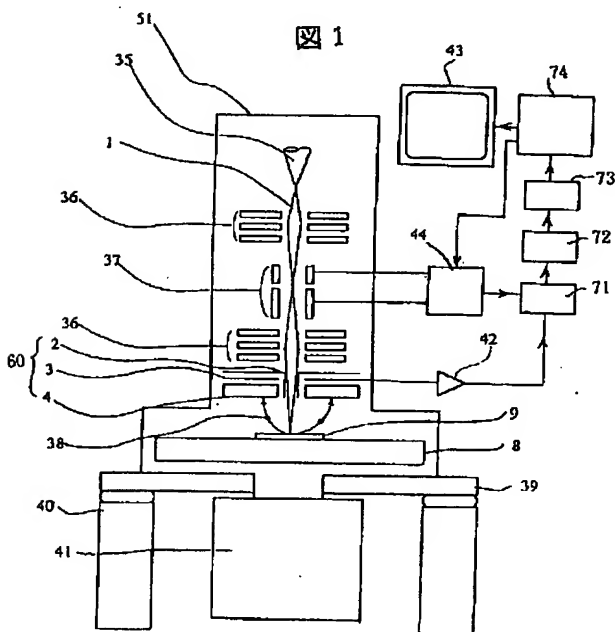
【図25】従来の2次荷電粒子検出器での検出方式を示す模式図である。

【符号の説明】

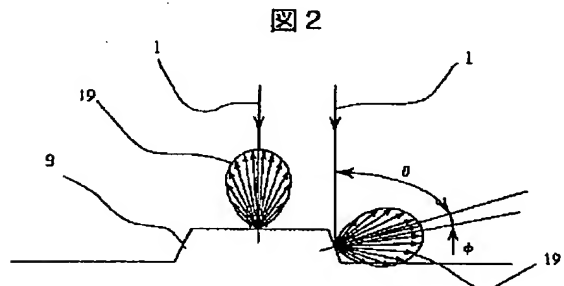
1…イオンビーム（1次荷電粒子）、2…センターパイプ（管状の中央電極）、3…検出板（検出電極）、4…

2次荷電粒子増幅器（MCP（マイクロチャンネルプレート））、5…メッシュ電極、6…2次荷電粒子軌道、7…等電位線、8…ステージ、9…ターゲット、10…電位分布、14…ケーシング、15…MCP検出領域、16…2次荷電粒子到達領域、17…カバー電極、19…2次荷電粒子射出方向分布、21…上方射出2次荷電粒子、22…左方射出2次荷電粒子、23…右方射出2次荷電粒子、24…中央検出電極、25…周辺検出電極、26…2次荷電粒子軌道、27…中央検出電極、28…中間検出電極、29…周辺検出電極、30…蛍光板、31…リニアセンサ、32…ソケット、33…導線、34…取り付け板、35…イオン源、36…レンズ、37…デフレクタ、38…2次荷電粒子、42…ヘッドアンプ、43…ディスプレイ、44…デフレクタコントローラ、45…シンチレータ、46…光電子像倍管、47…2次荷電粒子軌道、48…反射電子検出板、49…電子ビーム、50…反射電子軌道、51…真空チャンバ、52…補助電極、53…光ファイバ、54…ファイバ束、55…周辺部検出光電子像倍管、56…中間部検出光電子像倍管、57…中心部検出光電子像倍管、58…シンチレータ、60a～60m…2次荷電粒子検出器、71…信号処理回路、72…画像メモリ、73…画像処理回路、74…メインコントローラ

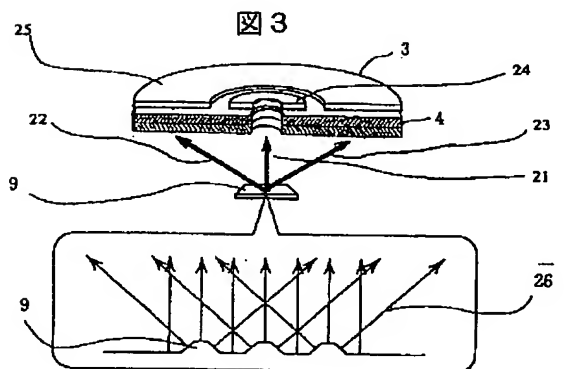
【図1】



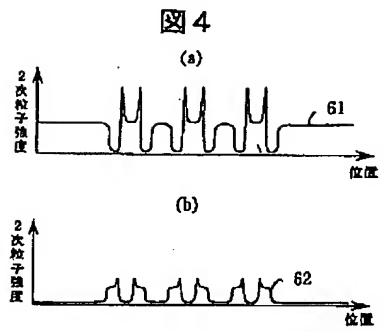
【図2】



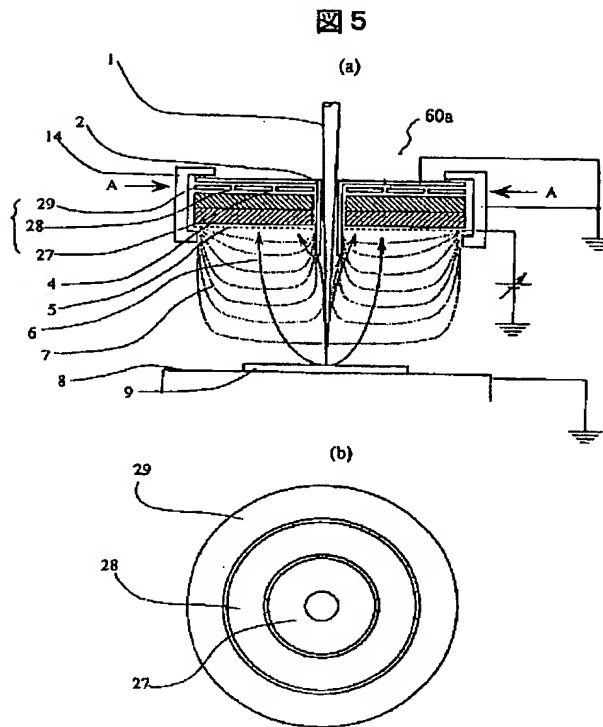
【図3】



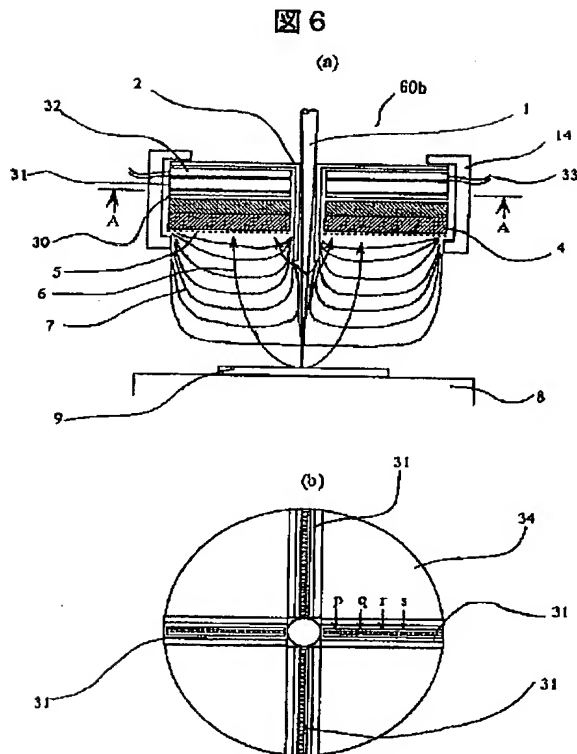
【図4】



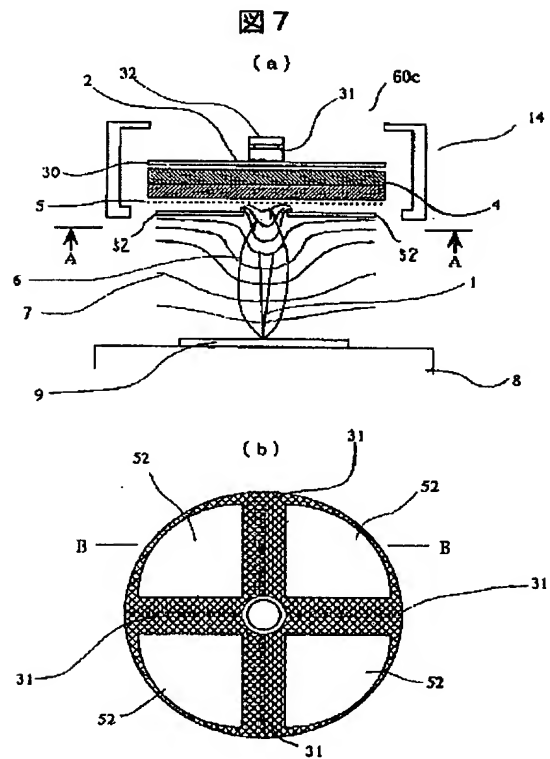
【図5】



【図6】



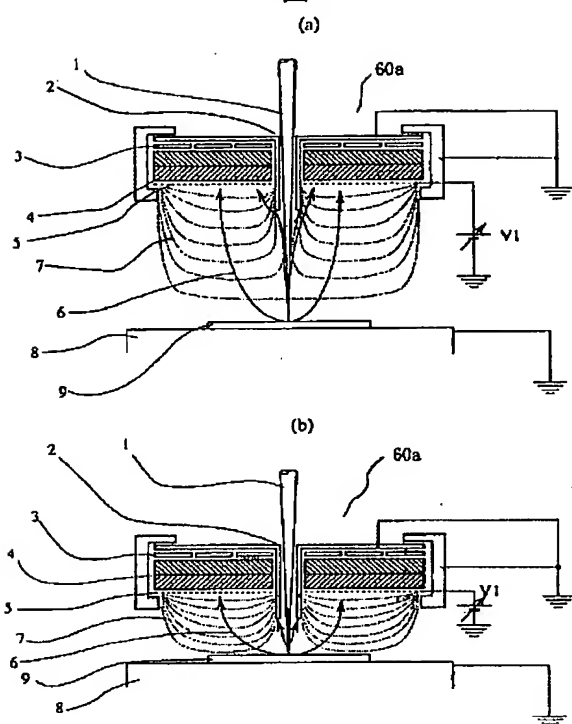
【図7】





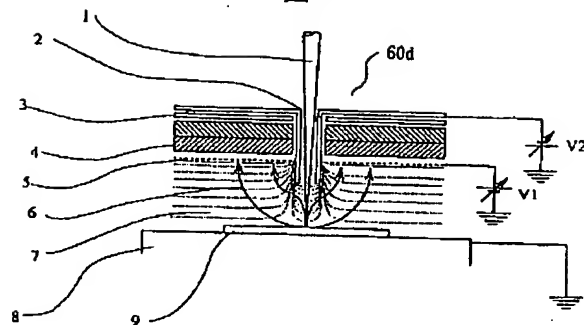
【図8】

図8



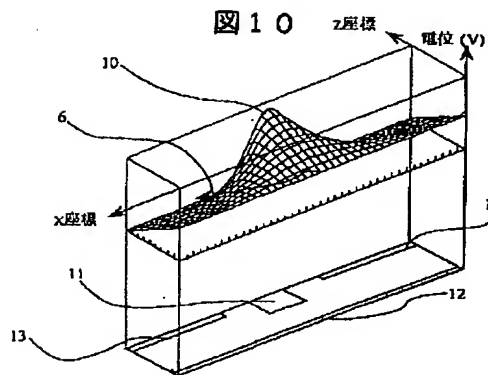
【図9】

図9



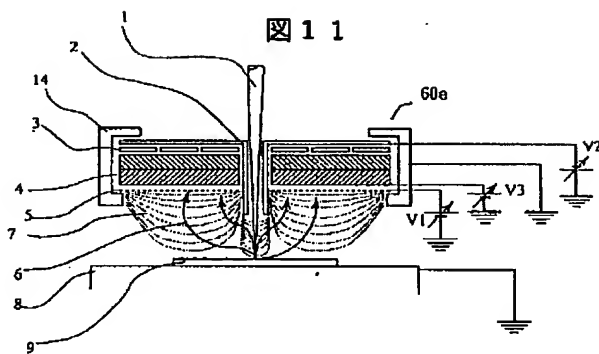
【図10】

図10



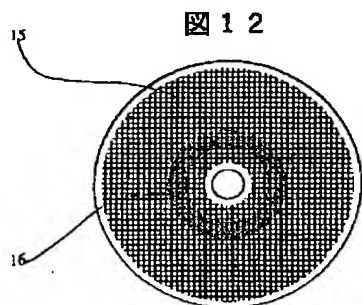
【図11】

図11



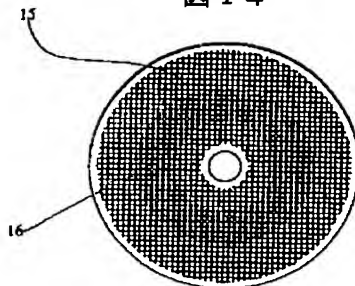
【図12】

図12



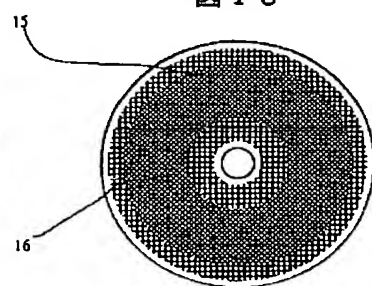
【図14】

図14



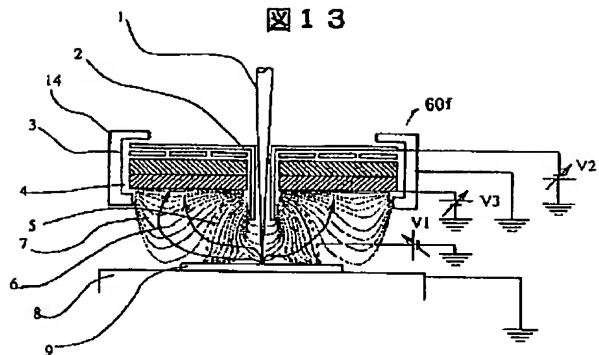
【図16】

図16



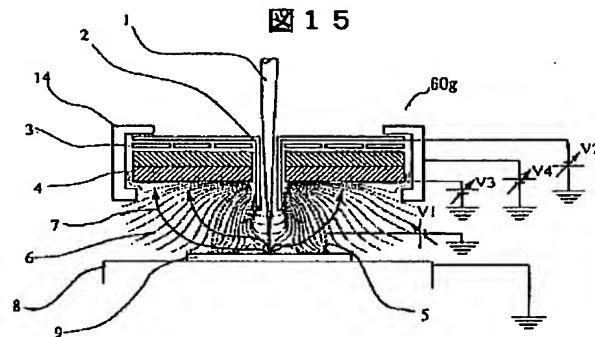
【図13】

図 13



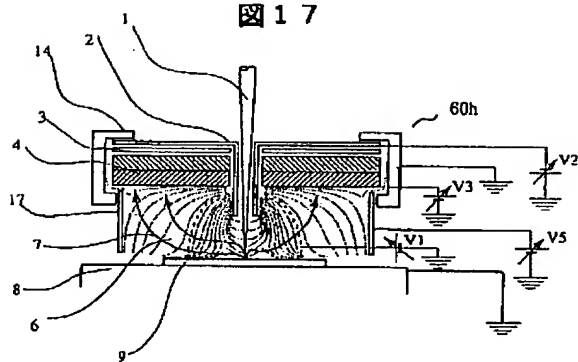
【図15】

図 15



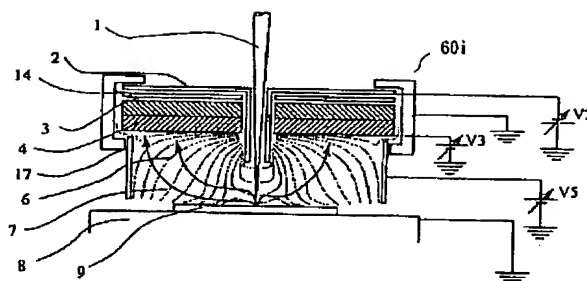
【図17】

図 17



【図18】

図 18

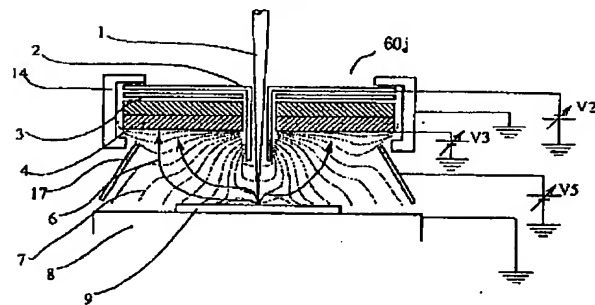
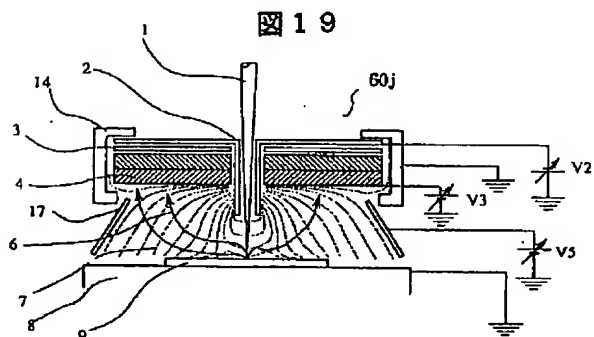


【図20】

図 20

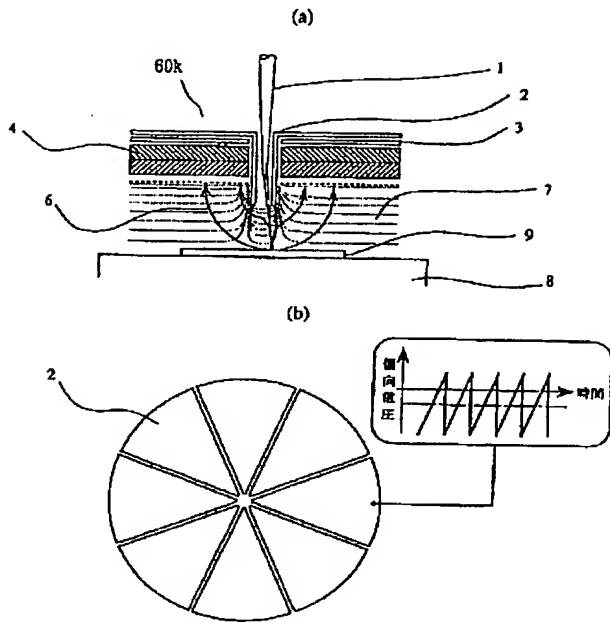
【図19】

図 19



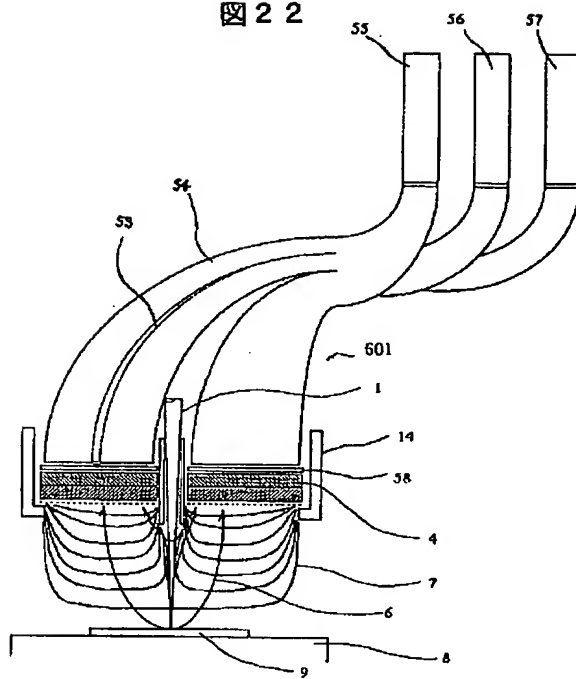
【図21】

図 2 1



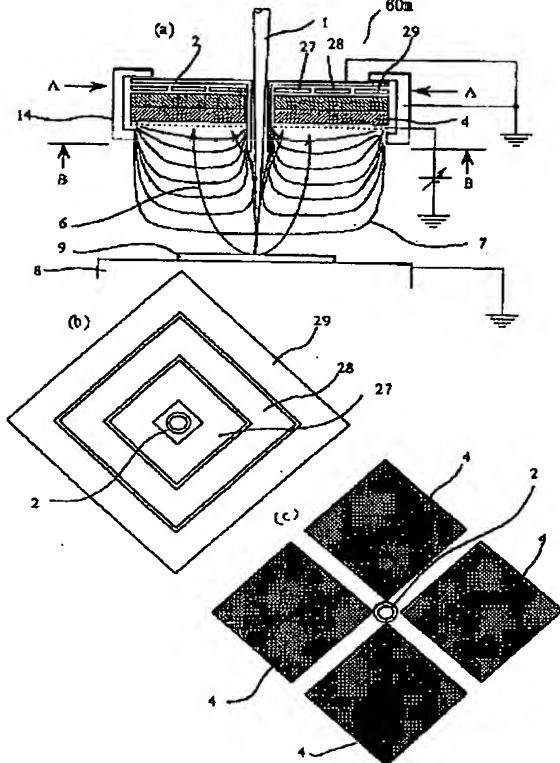
【図22】

図 2 2



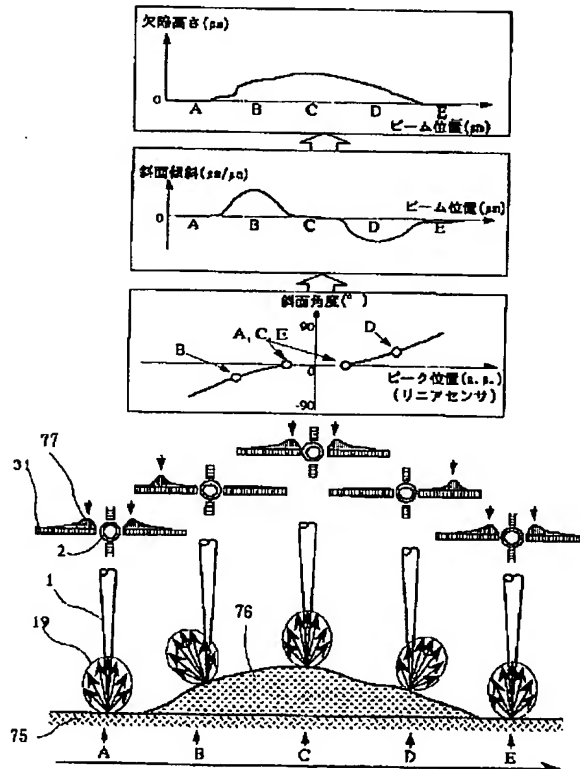
【図23】

図 2 3



【図24】

図 2 4



【図25】

